



Рис. 2. Зависимость коэффициента теплопроводности от влагосодержания в процессе сушки при различных температурах теплоносителя (1 – 192 °С; 2 – 157 °С; 3 – 132 °С).

Выполнено экспериментальное исследование процесса конвективной сушки органосодержащего сырья, моделирующего слой твердых бытовых отходов, в результате которого получены зависимости для расчета коэффициента теплопроводности и температуропроводности от влажности материала.

Список использованных источников

1. Лыков М. В. Сушка в химической промышленности. М. : Химия, 1970. 430 с.
2. Горинов О. И. О влиянии влажности твердых бытовых отходов, содержащих древесину, на температурный режим термической переработки / О. И. Горинов, О. Б. Колибаба, О. В. Самышина, В. А. Горбунов // Известия ВУЗов. Лесной журнал. 2012. № 3. С. 35-36.
3. Сокольский А. И. Термическая обработка дисперсных материалов в аппаратах с вихревыми двухфазными потоками : дисс. д-ра техн. наук. / ИГАСУ. Иваново. 2005. 320 с.

УДК 624.9

Воскрецова Е. А.
Уральский федеральный университет
katyshka-94@inbox.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ МАГНИЯ

Аннотация. Рассмотрены процессы термического разложения природных (магнезит, брусит) и синтетических (гидромагнезит, гидрооксид) соединений магния. Установлены теплофизические характеристики процесса кальцинации, влияние скорости нагрева и температуры на фазовый состав и количество тепла,

требуемого для кальцинации. Определены коэффициенты – энергия активации и предэкспоненциальный множитель в кинетическом уравнении Аррениуса для процессов разложения исследуемых материалов. Установлено, что более энергетически выгодной формой магнийсодержащего продукта, получаемого в результате процесса химического обогащения, является гидромагнезит.

Одной из основных тенденций развития современных огнеупорных материалов является повышение качества, в том числе за счёт использования более чистых исходных (сырьевых) материалов [1, 2]. Это в полной мере относится и к одному из основных огнеупорных материалов для металлургического производства – оксиду магния.

Основными источниками получения оксида магния в промышленности являются магнезиты, бруситы и морская вода; водные растворы и месторождения водорастворимых магнийсодержащих солей используются, в основном, в качестве сырья для получения металлического магния и химически чистых солей.

Несмотря на одно из ведущих мест в мире по суммарным запасам магнийсодержащих материалов, Россия, на сегодня, не может обеспечить себя полностью чистыми (не менее 98 % MgO) магнийсодержащими материалами, и вынуждена экспортировать ежегодно до 2,5 млн. т оксида магния в виде жжёной магнезии, огнеупорных и металлургических порошков (спеченных и плавленных). Это обусловлено как объективными причинами (низким качеством разрабатываемых месторождений и высокой стоимостью освоения разведанных качественных месторождений магнезита и брусита), так и субъективными факторами: в России практически нет производства чистого оксида магния [3].

Между тем ещё одним источником магния могут служить горные магнийсодержащие породы: серпентиниты, дуниты, оливины, тальки, содержащие магнезиальные силикаты в виде диопсида $\text{CaMg}(\text{Si}_2\text{O}_6)$, энстатита $\text{Mg}_2(\text{Si}_2\text{O}_6)$, тремолита $\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{Si}_4\text{O}_{11})(\text{OH})_2$, оливин-форстерита Mg_2SiO_4 , талька $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ и других с содержанием на MgO от 25 до 50 мас. %. Эти горные породы вмещают и сопровождают рудные и нерудные полезные ископаемые (железную, хромитовую и медную руды, хризотил-асбест, тальк и др.). Они добываются и складироваться миллионами тонн, накоплены в настоящее время в отвалах и хранилищах горнодобывающих и металлургических предприятий в объёмах до 15–20 млрд. т, и могут перерабатываться на чистые магнийсодержащие продукты различными методами химического обогащения [4–10].

В работе исследовали гидромагнезит и гидрооксид магния, полученные путём химической переработки, для сравнения использовали природный магнезит Саткинского месторождения и природный брусит Кульдурского месторождения. Химический и фазовый состав исследуемых материалов представлен в таблице.

В ходе работы методами РФА, ДСК и безаприорного кинетического анализа исследован химический, вещественный и фазовый состав исходных материалов и продуктов их кальцинации при температурах обжига 400, 600, 800, 1000 °С.

Свойства исследуемых материалов

Показатели	Содержание для образца			
	Магнезит	Брусит	Гидромагнезит	Гидрат магнезия
Химический состав, мас. %				
MgO	44,65	67,30	43,62	67,11
CaO	1,14	1,54	0,41	0,43
SiO ₂	2,05	0,12	0,09	0,08
Fe ₂ O ₃	0,76	0,02	0,00	0,00
R ₂ O	0,43	0,11	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	0,12	0,06	0,00	0,00
$\Delta m_{\text{прк}}$	51,20	31,30	56,73	32,21
$S_{\text{уд}}$, м ² /г	6,20	6,70	12,70	34,80
Вещественный состав, мас. %				
магнезит MgCO ₃	99,00	-	-	-
доломит CaMgCO ₃	0,65	4,60	-	-
кварцит SiO ₂	0,35	-	-	-
брусит Mg(OH) ₂	-	93,50	-	100,00
серпентин Mg ₃ (Si ₂ O ₅)(OH) ₄	-	1,10	-	-
кальцит CaCO ₃	-	0,70	-	-
гидромагнезит Mg ₅ (CO ₃) ₄ (OH) ₂ ·4H ₂ O	-	-	100,00	-

Выводы.

1. Проведены сравнительные испытания процесса кальцинации гидрооксида магнезия и гидромагнезита, полученных химическим путём из магнезийсодержащих отходов горнодобывающей промышленности с природными аналогами. Установлены критические температуры и тепловые эффекты процесса кальцинации исследованных материалов.

2. Установлено, что высокая скорость нагрева синтетического гидромагнезита приводит к кристаллизации, в процессе разложения, карбонатов магнезия и кальция, разложение которых требует дополнительных энергозатрат. Рекомендованная скорость нагрева материала в процессе кальцинации – не более 10 °С/мин.

3. Установлено, что более выгодной формой магнезийсодержащего продукта, получаемого в результате процесса химического обогащения является гидромагнезит Mg₅(CO₃)₄(OH)₂·4H₂O. При низких и умеренных скоростях нагрева – до 10 °С/мин – он требует наименьших энергетических затрат на процесс кальцинации – 191,2 Дж/г; имеет наименьшую энергию активации процесса кальцинации – 78,07±5,87 кДж/моль и показывает большую скорость роста кристаллов периклаза.

4. Установлены коэффициенты в кинетическом уравнении Аррениуса для исследуемых продуктов, что позволяет проводить анализ и проектирование процесса их кальцинации.

Список использованных источников

1. Аксельрод Л. М. Развитие огнеупорной отрасли – отклик на запросы потребителей / Л. М. Аксельрод // Новые огнеупоры. 2013. № 3. С. 107–122.
2. Смирнов А. Н. Основные тенденции развития рынка огнеупорных материалов [Электронный ресурс]. URL: <http://steellab.com.ua/news/2014/01/01.php>. (Дата обращения 11.11.2015)

3. Обзор рынка магнезиального сырья (магнезита и брусита) и магнезитовых порошков в СНГ. 3-е изд. / INFOMINE Research Group. М. : ИнфоМайн, 2011. 137 с.
4. Зырянова В. Н. Использование магнийсодержащих отходов в производстве строительных материалов: дис. ... канд. техн. наук / В. Н. Зырянова. Новосибирск, 1987. 249 с.
5. Перепелицын В. А. Техногенное минеральное сырье Урала / В. А. Перепелицын, В. М. Рывтин, В. А. Коротеев и др. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013. 332 с.
6. Хуснутдинов В. А. Физико-химические основы технологии переработки нетрадиционного магнезиального сырья на чистый оксид и другие соединений магния: дис. ... д-ра техн. наук / В. А. Хуснутдинов. Казань, 2000. 434 с.
7. Прокофьева В. В. Магнезиальные силикаты в производстве строительной керамики / В. В. Прокофьева, З. В. Багауцинов. СПб. : Золотой орел, 2005. 160 с.
8. Хорошавин Л. Б. Магнезиальные огнеупоры: справочник / Л. Б. Хорошавин, В. А. Перепелицын, В. А. Кононов. М. : Интермет Инжиниринг, 2001. 576 с.
9. Kramer D. A. Current mining of olivine and serpentine // U. S. Geological Survey Open-Pile Report, Reston. Virginia, 2002. 256 p.
10. Mark A. Shand The Chemistry and technology of magnesia (2006) John Wiley&Sons, Inc. 191 p.
11. Shand M. A. The Chemistry and Technology of Magnesia. John Wiley & Sons, Inc., 2006. 286 p.

УДК 621.78

Горшенин А. С., Равилова Р. Р.
Самарский государственный технический университет
andersonag1@yandex.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ АЛЮМИНИЕВЫХ СЛИТКОВ НА ОСНОВЕ РЕГУЛИРУЕМОГО КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА

Аннотация. В работе приведены результаты математического моделирования охлаждения алюминиевых слитков после термической обработки. Приведена математическая модель конвективного теплообмена. Наличие такой модели позволяет проводить аналитическое исследование охлаждения слитков.

В настоящее время все возрастающими темпами увеличивается ассортимент и объемы проката, получаемого из алюминиевых слитков. Анализ технологии производства цилиндрических слитков методом полунепрерывного литья в водоохлаждаемый кристаллизатор выявил главную проблему данного метода – образование неоднородной структуры слитка. Для ее устранения проводят термическую обработку слитков, одним из видов которой является гомогенизационный отжиг. Важным этапом термической обработки является охлаждение слитков после гомогенизации со скоростью, не превышающей критическую – 70 °С/ч для предотвращения закалки сплава.